

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日                      2001年 4月 2日  
Date of Application:

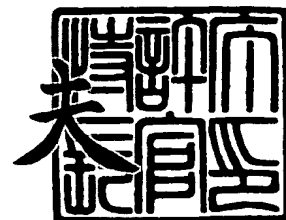
出願番号                      特願2001-102933  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [JP2001-102933]

出願人                      株式会社アドバンテスト  
Applicant(s):

2003年 8月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 ADV0010089

【提出日】 平成13年 4月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01R

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバン  
                                テスト内

    【氏名】 城戸 隆

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバン  
                                テスト内

    【氏名】 仁木 尚治

【特許出願人】

    【識別番号】 390005175

    【氏名又は名称】 株式会社アドバンテスト

【代理人】

    【識別番号】 100066153

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】

    【識別番号】 100100642

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 稲垣 稔

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002897

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9718552

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ネットワークアナライザ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、

C. この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える光周波数変換器と、

D. この光周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を経由した光とを合波する合波器と、

E. この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、

F. 上記光周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、

G. この参照用高周波信号源の信号と上記光電変換器の変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

H. 上記光電変換器の変換出力を分周した分周器の出力が位相測定入力端子に入力され、上記参照信号を分周した分周器の出力が参照信号入力端子に入力され、上記光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 2】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源の出射光を複数の光に分波する第 1 分波器と、

C. この第 1 分波器の一方の分波光に周波数遷移を与える光周波数変換器と、

D. 上記第 1 分波器の他方の分波出力を、更に複数の分波光に分波する第 2 分波器と、

E. 上記光周波数変換器の出力側に設けられ、光周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第 3 分波器と、

F. 被測定体を経由した光と上記第 3 分波器で分波した光の一方とを合波する第 1 合波器と、

G. 上記第 2 分波器の他方の分波光と、上記第 3 分波器の他方の分波光を合波する第 2 合波器と、

H. 上記第1合波器及び第2合波器の双方から出力される合波光をそれぞれ別々に光電変換し、被測定信号と参照信号とを得る第1光電変換器及び第2光電変換器と、

I. これら第1光電変換器及び第2光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

J. 上記第1光電変換器の変換出力を分周した分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記第2光電変換器の変換出力を分周した分周出力が参照信号入力端子に入力され、上記第1光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項3】 A. 波長可変光源と、

B. この波長可変光源から出射される光を複数の光に分波する第1分波器と、

C. この第1分波器が分波した一つの分波光を被測定体に導く光導波路と、

D. この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、

E. 上記第1分波器の他の分波光に周波数遷移を与える光周波数変換器と、

F. この光周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第2分波器と、

G. 被測定体を經由した光と上記第2分波器が出力する一方の分波光とを合波する第1合波器と、

H. 上記第2分波器が出力する他方の分波光と上記方向性結合器で検出した反射光を合波する第3合波器と、

I. 上記第1合波器と第3合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第1、第3光電変換器と、

J. 上記第1光電変換器と、第2光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

K. これら二つの分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、上記光周波数変換器に与える参照用高周波信号を上記分周器と同一の比率で分周した分周信号が参照信号入力端子に与えられ、上記第1光電変換器及び第3光電変換器が

出力する光電変換信号が振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と

、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 4】 請求項 3 記載の光ネットワークアナライザにおいて、上記第 2 分波器が出力する一つの分波光と、上記方向性結合器の通過光を合波する第 2 合波器を設け、この第 2 合波器で合波した光を第 2 光電変換器で光電変換し、その光電変換出力信号により参照信号を得る構成としたことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 5】 A. 互いに連動して一定の周波数差の光を出射する一対の波長可変光源と、

B. この一対の波長可変光源が出射する光をそれぞれ複数の光に分波する第 1 分波器及び第 2 分波器と、

C. 上記第 1 分波器が分波した一つの光と被測定体を經由した光を合波する第 1 合波器と、

D. 上記第 1 分波器が分波した一つの光と上記第 2 分波器が分波した一つの光とを合波する第 2 合波器と、

E. 上記第 1 合波器及び第 2 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、

F. これら第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ所定の比率で分周する二つの分周器と、

G. 一方の分周器の分周出力が位相測定信号入力端子に入力され、他方の分周器の分周出力が参照信号入力端子に入力され、上記第 1 光電変換器の光電変換出力が振幅測定信号入力端子に供給される位相・振幅測定器と、

によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 6】 請求項 1、2、3、4、5 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記光電変換器の各出力側及び参照信号経路に乗算器を設け、この乗算器に参照信号用高周波信号を印加し、乗算器の出力側に周波数変換された信号を生成させ、この周波数変換した信号をフィルタによって抽出し、このフィルタによって抽出した信号を位相測定信号及び参照信号として利用する構成

としたことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【請求項 7】 請求項 1、2、3、4、5、6 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、上記波長可変光源と合波器までの光学路は光導波路によって構成したことを特徴とする光ネットワークアナライザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は各種の光学素子の光の透過特性、遅延特性等を測定する場合に利用する光ネットワークアナライザに関する。

【0002】

【従来の技術】

図 7 に従来の光ネットワークアナライザの構成を示す。この図 7 に示す光ネットワークアナライザは、近赤外光領域の被測定物の波長分散測定を行う装置として (① S. Ryu, Y. Horiuchi, K. Mochiuki, "Novel chromatic dispersion measurement method over continuous Gigahertz tuning range," J. Lightwave Technol., vol. 7, no. 8, pp. 1177-1180, 1989 ② M. Fujise, M. Kuwazuru, M. Nunokawa, and Y. Iwamoto, "Chromatic dispersion measurement over a 100-km dispersion-shifted single-mode fibre by a new phase-shift technique," Electron. Lett., vol. 22, no. 11, pp. 570-572, 1986 に掲載された装置である。

【0003】

全体の構成としては光学測定部 100 と、被測定体 200 と、一般に用いられているネットワークアナライザ 300 とによって構成される。波長可変光源 101 からのレーザ光を光強度変調器 102 にて参照用高周波信号源 103 から与えられる参照用高周波信号により正弦波強度変調した後、その光を被測定体 200

に入射する。

被測定体 200 を通過した光を光電変換器 104 にて電気信号に変換し、この電気信号を増幅器 105 で増幅し、ネットワークアナライザ 300 に被測定信号として入力する。

#### 【0004】

ネットワークアナライザ 300 では参照用高周波信号源 103 から与えられる参照信号と被測定信号とを位相比較することにより被測定信号の位相回転量を求める。レーザ光の波長を  $\lambda_i$ 、光強度変調周波数を  $f_{IF}$  としたとき、被測定信号の群遅延時間  $\tau(\lambda_i)$  は位相  $\phi(\lambda_i, f_{IF})$  を用いて以下のように表すことができる。

$$\tau(\lambda_i) = \phi(\lambda_i, f_{IF}) / 2\pi f_{IF}$$

したがって、波長可変光源 101 の波長を連続的に変化させながら上記の測定を行うことで、各波調毎の群遅延時間  $\tau(\lambda_i)$  を求めることができる。波長分散  $D(\lambda_i)$  は群遅延時間を波長領域で微分したものであり、以下の式によって求めることができる。

#### 【0005】

$$D(\lambda_i) = \Delta \tau(\lambda_i) / \Delta \lambda_i$$

ここで、

$$\Delta \tau(\lambda_i) = \tau(\lambda_{i+1}) - \tau(\lambda_i)$$

$$\Delta \lambda_i = \lambda_{i+1} - \lambda_i$$

である。

位相シフト法は高周波の位相解析技術を使って群遅延時間を測定することができるので、高精度な波長分散測定が可能である。

#### 【0006】

図 8 は従来技術の他の例を示す。この図 8 に示す装置は「特開平 2-150747 号公報、及び特開平 10-29569 号公報」で提案された生体等の被測定物の断層像を画像化する装置である。

被測定体 200 にレーザ光源 LD からレーザ光を照射し、透過レーザ光の中の直進成分のみを光電変換器 104 で光ヘテロダイン検波し、このヘテロダイン検



波が持つ指向性を利用して分別検出し、被測定体の光断層像を得ることを目的として提案されたものである。光電変換器 104 の出力は復調器と、コンピュータと、画像表示器とからなる画像処理装置 DV に入力される。光断層像を画像化するため、透過レーザ光の強度のみを情報として用い、位相情報は測定していない。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

図 7 に示した装置では、

1. 光電変換器での光／電気変換が光の周波数を直接光電変換する直接検波方式であるため、ヘテロダイン検波方式に比べ、S／N が 10 ～ 20 dB 劣化することが知られている。そのためロスが多い被測定物などでは測定精度が悪化したり、測定不能となるなど、測定可能なダイナミックレンジが狭くなる。

2. 光源と光電変換器の間に被測定物だけでなく光強度変換器が入り、光強度変調器の伝送特性のドリフトが分散などの測定精度に直接影響を与える。

#### 【0008】

3. 光強度変調器で光に強度変調を掛けるため、被測定物に入射する光のスペクトルは変調周波数の 2 倍の帯域を持つてしまう。つまり、一定振幅のコヒーレント光が理想的である。

4. 遅延時間の分解能を高くするためには、広帯域の光強度変調器が必要である。

図 8 に示した装置では、

1. 光が、レーザ光源 LD から出て、レンズ L1、L2、光周波数変換器 106、被測定体 200、ビームスプリッタ BS、ミラー M 等を通して光電変換器 104 に入射するので、パスが長くなりロスが大きい。

#### 【0009】

2. 光のパスが、被測定側と光周波数変換器側の両者が有るため、光軸調整が煩雑。

3. 位相比較を行っていないので伝搬遅延時間などは測定できない、透過減衰量などの振幅情報のみである。

4. 光源の波長を可変したり掃引したりしないので、被測定体 200 の波長特性や波長分数の情報が得られない。

この発明の目的は振幅情報は元より位相情報も精度よく測定することができ、また S/N 比が良く、ダイナミックレンジが広い測定を行うことができ、更にドリフトの少ない伝送特性を測定することができる光ネットワークアナライザを提供しようとするものである。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明の請求項 1 では、

波長可変光源と、

この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、

この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える光周波数変換器と、

この光周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を經由した光とを合波する合波器と、

この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、

光周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、

この参照用高周波信号源の信号と光電変換器の変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

光電変換器の変換出力を分周した分周器の出力が位相測定入力端子に入力され、参照信号を分周した分周器の分周出力が参照信号入力端子に入力され、光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

#### 【0011】

この発明の請求項 2 では、

波長可変光源と、

この波長可変光源の出射光を複数の光に分波する第 1 分波器と、

この第 1 分波器の一方の分波光に周波数遷移を与える光周波数変換器と、

第 1 分波器の他方の分波出力を、更に複数の分波光に分波する第 2 分波器と、

光周波数変換器の出力側に設けられ、光周波数変換器で周波数遷移した光を複

数の光に分波する第3分波器と、

被測定体を経由した光と第3分波器で分波した光の一方とを合波する第1合波器と、

第2分波器の他方の分波光と、第3分波器の他方の分波光を合波する第2合波器と、

第1合波器及び第2合波器の双方から出力される合波光をそれぞれ別々に光電変換し、被測定信号と参照信号とを得る第1光電変換器及び第2光電変換器と、

これら第1光電変換器及び第2光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分周する二つの分周器と、

第1光電変換器の変換出力を分周した分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、第2光電変換器の変換出力を分周した分周出力が参照信号入力端子に入力され、第1光電変換器の変換出力が直接振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

#### 【0012】

この発明の請求項3では、

波長可変光源と、

この波長可変光源から出射される光を複数の光に分波する第1分波器と、

この第1分波器が分波した一つの分波光を被測定体に導く光導波路と、

この光導波路に設けられ、被測定体からの反射光を取り出す方向性結合器と、

第1分波器の他の分波光に周波数遷移を与える光周波数変換器と、

この光周波数変換器で周波数遷移した光を複数の光に分波する第2分波器と、

被測定体を経由した光と第2分波器が出力する他の分波光とを合波する第1合波器と、

この第2分波器が出力するひとつの分波光と方向性結合器で検出した反射光を合波する第3合波器と、

第1合波器と第3合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第1、第3光電変換器と、

第1光電変換器と、第3光電変換器の光電変換出力をそれぞれ同一の比率で分

周する二つの分周器と、

これら二つの分周器の分周出力が位相測定入力端子に入力され、光周波数変換器に与える参照用高周波信号を上記分周器と同一の比率で分周した分周信号が参照信号入力端子に与えられ、第 1 光電変換器及び第 3 光電変換器が出力する光電変換信号が振幅測定入力端子に入力される位相比較・振幅測定器と、

によって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

#### 【 0 0 1 3 】

この発明の請求項 4 では、

請求項 3 記載の光ネットワークアナライザにおいて、第 2 分波器が出力する一つの分波光と、方向性結合器の通過光を合波する第 2 合波器を設け、この第 2 合波器で合波した光を第 2 光電変換器で光電変換し、その光電変換出力信号により参照信号を得る構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

この発明の請求項 5 では、

互いに連動して一定の周波数差の光を出射する一対の波長可変光源と、

この一対の波長可変光源が出射する光をそれぞれ複数の光に分波する第 1 分波器及び第 2 分波器と、

第 1 分波器が分波した一つの光と被測定体を經由した光を合波する第 1 合波器と、

第 1 分波器が分波した一つの光と第 2 分波器が分波した一つの光とを合波する第 2 合波器と、

第 1 合波器及び第 2 合波器が合波した光をそれぞれ光電変換する第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器と、

これら第 1 光電変換器及び第 2 光電変換器の光電変換出力をそれぞれ所定の比率で分周する二つの分周器と、

一方の分周器の分周出力が位相測定信号入力端子に入力され、他方の分周器の分周出力が参照信号入力端子に入力され、第 1 光電変換器の光電変換出力が振幅測定信号入力端子に供給される位相・振幅測定器と、

によって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

#### 【 0 0 1 4 】

この発明の請求項 6 では、

請求項 1、2、3、4、5 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、光電変換器の各出力側及び参照信号経路に乗算器を設け、この乗算器に参照信号用高周波信号を印加し、乗算器の出力側に周波数変換された信号を生成させ、この周波数変換した信号をフィルタによって抽出し、このフィルタによって抽出した信号を位相測定信号及び参照信号として利用する構成とした光ネットワークアナライザを提案する。

この発明の請求項 7 では、

請求項 1、2、3、4、5、6 記載の光ネットワークアナライザの何れかにおいて、波長可変光源と合波器までの光学路は光導波路によって構成した光ネットワークアナライザを提案する。

【0015】

#### 作用

この発明の構成によれば、被測定体を経由した光と光周波数変換器で周波数変調された光は、合波器で合波される際に、差の周波数を持つビート成分を発生する。このビート成分を光電変換することによりヘテロダイン検波方式となり、図 7 に示した直接検波方式と比較してショットノイズ限界の検出で S/N 比が 10 ～ 20 dB 優れる。このため、ダイナミックレンジの広い被測定体の伝搬特性の測定を行うことができる。

【0016】

また、光源と光電変換器の間に光強度変調器が入らないから、図 7 に示した装置と比較してドリフトの少ない伝送特性の測定を行うことができる。更に、位相測定を行う構成としているから、図 8 に示した装置より優れている。

【0017】

#### 【発明の実施の形態】

図 1 にこの発明の請求項 1 で提案する光ネットワークアナライザに対応する一実施例を示す。図 7 および図 8 と対応する部分には同一符号を付して示す。

つまり、100 は光学測定部、200 は被測定体、300 は一般に使用されているネットワークアナライザを示す。尚、一般に用いられているネットワークア

ナライザは各種の測定モードを装備しているが、図1に示す例では位相比較・振幅測定器301と、この位相比較・振幅測定器301が測定した測定値を平均化処理する平均化処理部302を利用するものとして示している。

#### 【0018】

この発明では光源（波長可変形光源）101から出射した光（レーザ光）を分波器111で分波し、その一方の分波光を被測定体200に印加する。また、他方の分波光は光周波数変換器（周波数シフタとも呼ばれている）106に印加する。

被測定体200と光周波数変換器106を透過した光は合波器112で合波され、その合波出力が光電変換器104で光電変換される。

光電変換器104の光電変換出力はそのまま振幅測定信号としてネットワークアナライザ300の振幅測定入力端子Aに入力する。また光電変換器104の光電変換出力は分周器113を通じてネットワークアナライザ300の位相測定入力端子Bに入力される。更に、参照用高周波信号源103で発生する参照用信号は分周器114を通じてネットワークアナライザ300の参照信号入力端子Cに入力される。

#### 【0019】

ここで、この発明では請求項7で規定しているように、光源101から光電変換器104までの光学路を光導波路（一般には光ファイバ）で構成し、特に合波器112で合波する光の偏波面の向きが一致するようにして合波する。また、分波器111及び合波器112も光集積回路基板等に形成される。分周器113と114は共に同一の分周比 $1/M$ の分周器とされ、この分周器113と114で被測定信号と参照信号とを $1/M$ に分周してネットワークアナライザ300に入力することにより、測定する位相の周期をM倍に拡大し、これにより安定して被測定信号の位相の変位を測定できるように構成したものである。その詳細は後に説明する。

#### 【0020】

以下に、多少の数式を用いてこの発明による光ネットワークアナライザの動作について説明する。光源101から波長 $\lambda$ 、角周波数 $\omega_C$ のコヒーレント光が光

周波数変換器 106 に入射されると、光周波数変換器 106 の出力光の角周波数は  $\omega_C + P$  ( $P$  は光の角周波数のシフト量) に変換される。

被測定体 200 に印加する前の光の電界  $e_1(t)$  及び、光周波数変換器 106 から出射した光の電界  $e_2(t)$  をそれぞれ

$$\begin{aligned} e_1(t) &= A_1 \cos \omega_C t \\ e_2(t) &= A_2 \cos \{(\omega_C + P)t + \theta_2\} \end{aligned}$$

被測定物 200 の伝達関数は、

$$Y(\omega_C) = Y_0 \exp(j\phi_0)$$

のように表されるとすると、光電変換器 104 へ入射する電界は次式になる。

【0021】

$$e_d = Y(\omega_C) A_1 \cos \omega_C t + A_2 \cos \{(\omega_C + P)t + \theta_2\}$$

光電変換器 104 の出力電流  $i_d$  は、

$$i_d = a \{Y_0^2 A_1^2 + A_2^2 + 2 Y_0 A_1 A_2 \cos(Pt + \theta_2 - \phi_0)\}$$

となる。位相  $\phi_0$ 、光の角周波数  $\omega_C$ 、群遅延時間  $\tau(\omega_C)$  は次の関係がある。

$$\tau(\omega_C) = \phi_0 / \omega_C$$

ここで、光の波長を  $1.5 \mu\text{m}$  とすると、位相  $\phi_0$  が  $180$  度回転したときの群遅延時間  $\tau$  は、 $2.5$  フェムト秒となり、そのままで位相比較を行うと  $\pm 2.5$  フェムト秒以内の群遅延時間の変化しか測定出来ない。(通常の位相比較器では、位相が  $\pm 180$  度以上、すなわち一回転以上位相が回ると、位相を正しく測定出来ない。) このため、光電変換器 104 の出力及び参照用高周波信号を分周比  $M$  の 2 つの分周器 113 及び 114 でそれぞれを  $1/M$  に分周することにより、それぞれの信号の周期が  $M$  倍に広がることから、ネットワークアナライザ 300 に設けられた位相比較・振幅測定器で測定される位相  $\phi_M$  と元の光測定系の位相  $\phi_0$  は、以下の関係となる。

【0022】

$$\phi_M = \phi_0 / M$$

よって、測定可能な群遅延時間の変化の範囲は  $\pm 2.5 \times 10^{-3} M$  ピコ秒まで拡大される。また、光測定系の揺らぎや細かな時間変動は、分周器 113 と 114 で分周することにより、平均化され測定の再現性が高まる。測定された位相から

光測定系（被測定体）の位相は上の関係を用いることで、簡単に求まる。また、位相比較器で決まる位相  $\phi_M$  と位相比較を行う信号の周波数  $f_{IF}/M$  から求まる遅延時間、 $\tau = M\phi_M / (2\pi f_{IF})$  は、そのまま光測定系（被測定物）の群遅延時間に相当する。

#### 【0023】

最終的には、図7に示した従来技術と同様に、被測定体200の透過減衰量  $Y_0$  や、伝搬遅延（群遅延）時間  $\tau$  といった伝搬特性の波長依存性を測定することができる。

$A_1, A_2$ : 電界強度

$p$ : 光の角周波数シフト量

$\theta_2$ : 一定位相

$\omega_C$ : 光の角周波数

$a$ : 比例係数

ここでは、合波器112で合波される光はそれぞれ偏波の向きが一致するように合波する。このためにそれぞれの光の伝送媒質として光ファイバを用いることが好ましい。

#### 【0024】

光電変換器104と分周器113の間に、帯域フィルタ（中心周波数  $f_{IF}$ ）を挿入してもよい。そうすることにより、 $f_{IF}$ 以外の余分な信号  $2f_{IF}$  をカットすることができ、より高精度に測定が可能になる。光周波数変換器106としては、音響光学変調器（AOM）、音響光学シフタ（AOS）等がある。

この発明の実施例によれば、

1. ヘテロダイン検波方式のため、図7に示した従来技術の直接検波方式に比べ、ほぼショットノイズ限界の検出で  $S/N$  が10～20 dB 優れるため、ダイナミックレンジの広い被測定物の伝搬測定が行える。換言すれば、ヘテロダイン検波方式によれば光電変換器104ではシフトダウンした周波数の光を光電変換すればよいから、直接検波方式の場合と比較して低い周波数の光を光電変換すればよいことになる。このために光電変換時に発生するノイズの量が少なくなり、 $S/N$  比が10～20 dB 程度優れることになる。

#### 【0025】

2. 光源101と光電変換器104の間に光強度変調器が入らないから、図7



に示した従来技術に比ベドリフトの少ない伝送特性の測定が行える。

3. 被測定体 200 に入射する光が無変調のコヒーレント光であり高分解能に波長特性が測定できる。

4. 位相比較を行っているので、図 8 に示した技術では測定出来ない伝搬遅延時間の測定ができる。

5. 光源 101 の波長を可変することで、図 8 に示した従来技術では測定出来ない波長特性が測定できる。

#### 【0026】

6. 位相・遅延時間測定の範囲・分解能を分周器 113 及び 114 の分周比で設定できる。光周波数変換器 106 の変換周波数に強く依存しない。

等の利点が得られる。

図 2 は、この発明の請求項 2 で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では第 1 分波器 111-1 の他に第 2 分波器 111-2 と第 3 分波器 111-3 を設けると共に、第 1 合波器 112-1 と第 2 合波器 112-2 を設け、第 2 合波器 112-2 では第 2 分波器 111-2 と第 3 分波器 111-3 で分波した光を合波して参照信号用合波光を生成し、この参照信号用合波光を第 2 光電変換器 104-2 で光電変換して参照信号を得る構成とした場合を示す。

#### 【0027】

この場合、第 2 光電変換器 104-2 から出力される参照信号は分周器 114 を通じてネットワークアナライザ 300 の位相比較用の参照信号入力端子 C1 に入力され、またネットワークアナライザ 300 の振幅比較用の参照信号入力端子 C2 には第 2 光電変換器 104-2 の出力をそのまま供給する。

このように、参照信号を光から生成させる構成とすることにより、光源 101 の変動或いは光周波数変換器 106 のわずかなドリフトも参照信号に重畳するから、位相比較・振幅比較器 300 における比較動作において、これらの変動を相殺することができる利点が得られる。

#### 【0028】

図 3 はこの発明の請求項 3 で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を

示す。この実施例では被測定体 200 の入力側に方向性結合器 115 を設け、この方向性結合器 115 で被測定体 200 で発生する反射光を検出し、その反射光を第 3 分波器 112-3 で周波数シフトされた光と合波し、その合波光を第 3 光電変換器 104-3 で光電変換して反射光の測定信号を得る構成とした場合を示す。

従って、この場合にはネットワークアナライザ 300 には透過光用の振幅測定入力端子 A1 と位相測定信号入力端子 B1 に加えて、反射光の振幅測定信号入力端子 A2 と反射光の位相測定信号入力端子 B2 が設けられ、透過光の振幅特性及び透過光の位相特性の外に、反射光の振幅特性と反射光の位相特性を測定できる構成とされる。

#### 【0029】

図 4 は、この発明の請求項 4 で提案する光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では図 3 に示した実施例において、参照信号を光学的に生成する構成に置き換えた実施例を示す。

つまり、第 2 分波器 111-2 は光周波数変換器 106 から出力される光を 3 分波し、その 3 分波した光を第 1 合波器 112-1、第 2 合波器 112-2、第 3 合波器 112-3 の各一方の入力に入射すると共に、方向性結合器 115 で得られる一定光量の光を第 2 合波器 112-2 に入射し、この第 2 合波器 112-2 で第 2 分波器 111-2 で分波した光と合波して参照用信号を生成させる構成とした場合を示す。

#### 【0030】

従って、この場合には第 1 合波器 112-1 では被測定体 200 透過特性を測定する合波信号が得られ、また第 2 合波器 112-2 では参照信号が得られ、第 3 合波器 112-3 では被測定体 200 の反射成分の測定信号が得られる。この実施例でも図 2 に示した実施例と同様に参照信号を光から生成するから、光源 101 の変動、光学路の変動が参照信号に重畳するから、これらの変動を除去することができる。

図 5 はこの発明の請求項 5 で提案した光ネットワークアナライザの一実施例を示す。この実施例では光周波数変換器 106 の代わりに互いに一定周波数の差の

光を発光する２台の光源 101-1 と 101-2 を設け、この２台の光源 101-1 と 101-2 から出射される光の周波数差を利用してヘテロダイン検波方式の光ネットワークアナライザを構成した場合を示す。

#### 【0031】

従って、この場合には光源 101-1 と 101-2 から出射される光の周波数に差を持たせることにより、第 1 合波器 112-1 と第 2 合波器 112-2 で合波する光にビート成分が発生し、そのビート成分を第 1 光電変換器 104-1 と第 2 光電変換器 104-2 で光電変換することにより、図 1 乃至図 4 に示した実施例と同様にヘテロダイン検波が行われ、S/N 比のよい測定を行うことができる。

図 6 はこの発明の請求項 6 で提案する光ネットワークアナライザの実施例を示す。この実施例では図 1 に示した実施例において、光電変換器 104 の出力側と参照信号の系路に第 1 乗算器 116-1 と第 2 乗算器 116-2 を設け、この乗算器 116-1 と 116-2 で第 2 参照信号用高周波信号源 103-2 から与えられる高周波信号を乗算することにより、この例では光電変換器 104 から出力される測定信号と参照用高周波信号源 103-1 から出力される参照信号の周波数を高い周波数にシフトさせ、高い周波数同士で位相比較することにより、単一時間内で位相比較を行う回数を増加させ、これにより位相測定精度を向上させる構成とした場合を示す。

#### 【0032】

このために、第 1 乗算器 116-1 と第 2 乗算器 116-2 の各出力側には乗算結果の和の周波数を取り出すためのバンドパスフィルタ 117-1 と 117-2 を設けている。

#### 【0033】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、この発明によればヘテロダイン検波方式で光信号を検波するから、直接検波方式で被測定信号を電気信号に変換する場合と比較して S/N 比の良い測定信号を得ることができる。この結果ダイナミックレンジが広い測定を行うことができ測定精度の向上が期待できる。

然も、光源 101 から合波器 112 までの光路を光ファイバのような光導波路を用いるから、合波器 112 に入力する光の偏波面を合致させる調整を容易に行うことができる。これにより製造が容易な光ネットワークアナライザを提供することができる。

#### 【0034】

また、光源 101 と光電変換器 104 の間に光強度変調器が介在しないから、図 7 に示した従来の技術と比較してドリフトの少ない伝送特性の測定を行うことができる。

また、被測定体 200 に入射する光が無変調のコヒーレント光であるから高分解能に波長特性が測定できる。

更に、位相比較を行っているので、図 8 に示した技術では測定出来ない伝搬遅延時間の測定ができる。

#### 【0035】

更に、光源 101 の波長を可変することで、図 8 に示した従来技術では測定出来ない波長特性が測定できる。

更に、位相・遅延時間測定の範囲・分解能を分周器 113 及び 114 の分周比で設定できる。光周波数変換器 106 の変換周波数に強く依存しない等の利点が得られ、その効果は実用に供して頗る大である。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

この発明の請求項 1 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

##### 【図 2】

この発明の請求項 2 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

##### 【図 3】

この発明の請求項 3 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

##### 【図 4】

この発明の請求項 4 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 5】

この発明の請求項 5 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 6】

この発明の請求項 6 で提案した光ネットワークアナライザに対応する実施例を示すブロック図。

【図 7】

従来の技術を説明するためのブロック図。

【図 8】

従来の技術の例を説明するためのブロック図。

【符号の説明】

1 0 0	光学測定部
1 0 1	波長可変光源
1 0 3	参照用高周波信号源
1 0 4	光電変換器
1 0 4 - 1	第 1 光電変換器
1 0 4 - 2	第 2 光電変換器
1 0 4 - 3	第 3 光電変換器
1 1 1	分波器
1 1 1 - 1	第 1 分波器
1 1 1 - 2	第 2 分波器
1 1 1 - 3	第 3 分波器
1 1 2	合波器
1 1 2 - 1	第 1 合波器
1 1 2 - 2	第 2 合波器
1 1 2 - 3	第 3 合波器
1 1 3、1 1 4	分周器

1 1 5	方向性結合器
1 1 6 - 1、1 1 6 - 2	乗算器
1 1 7 - 1、1 1 7 - 2	バンドパスフィルタ
2 0 0	被測定体
3 0 0	ネットワークアナライザ
3 0 1	位相比較・振幅比較器

【書類名】

図面

【図 1】

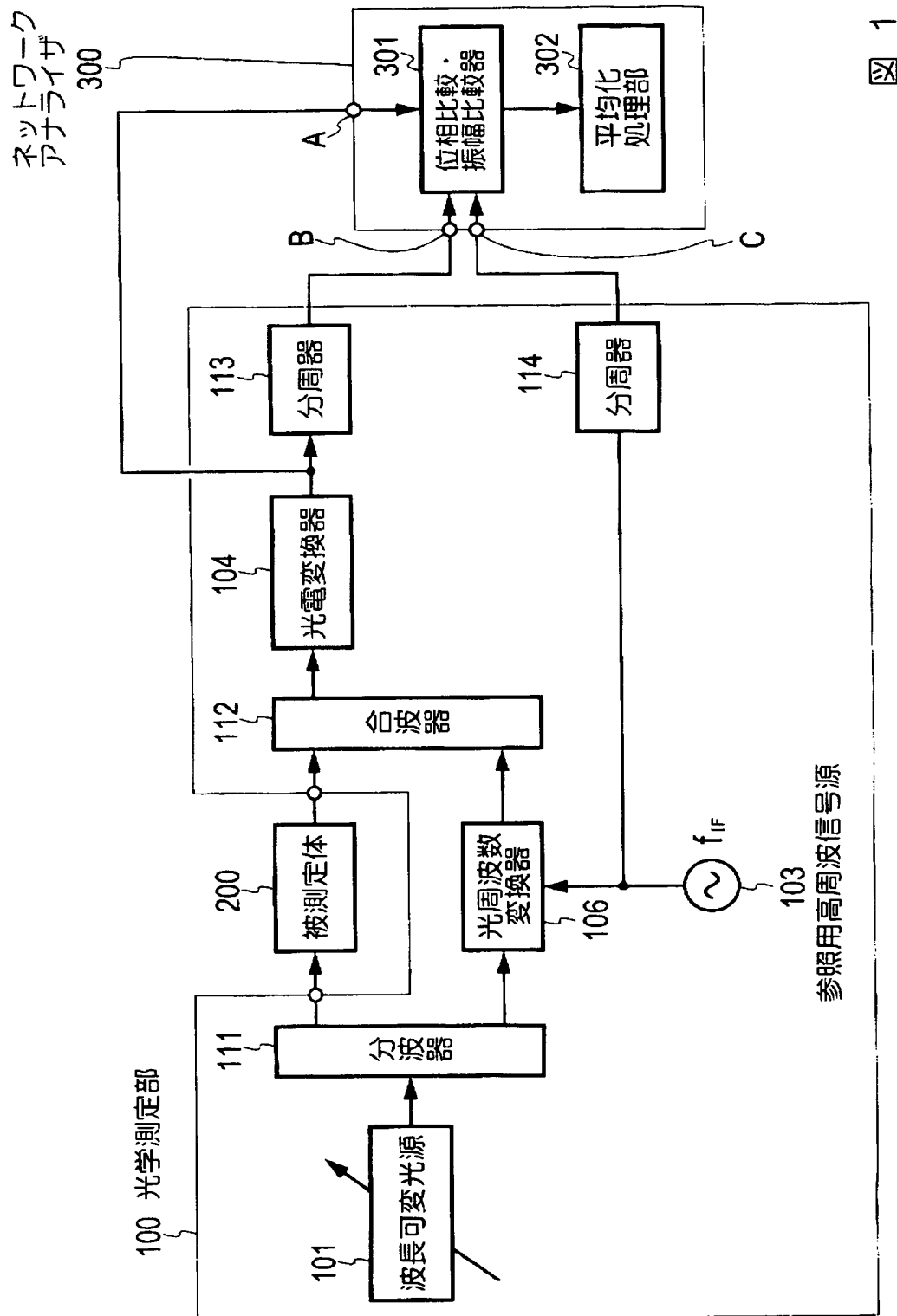


図 1

【図 2】

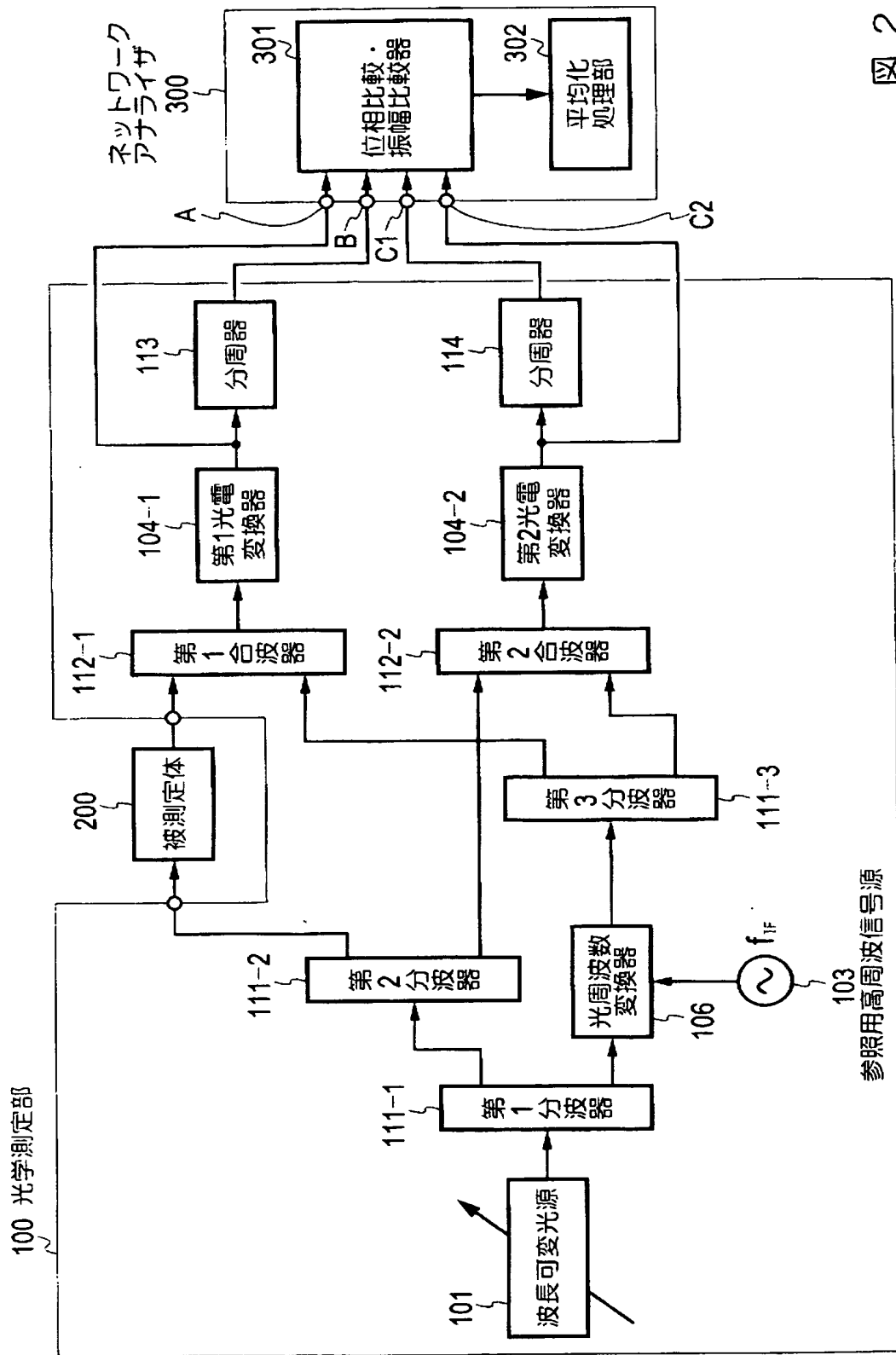


図 2



【図 3】

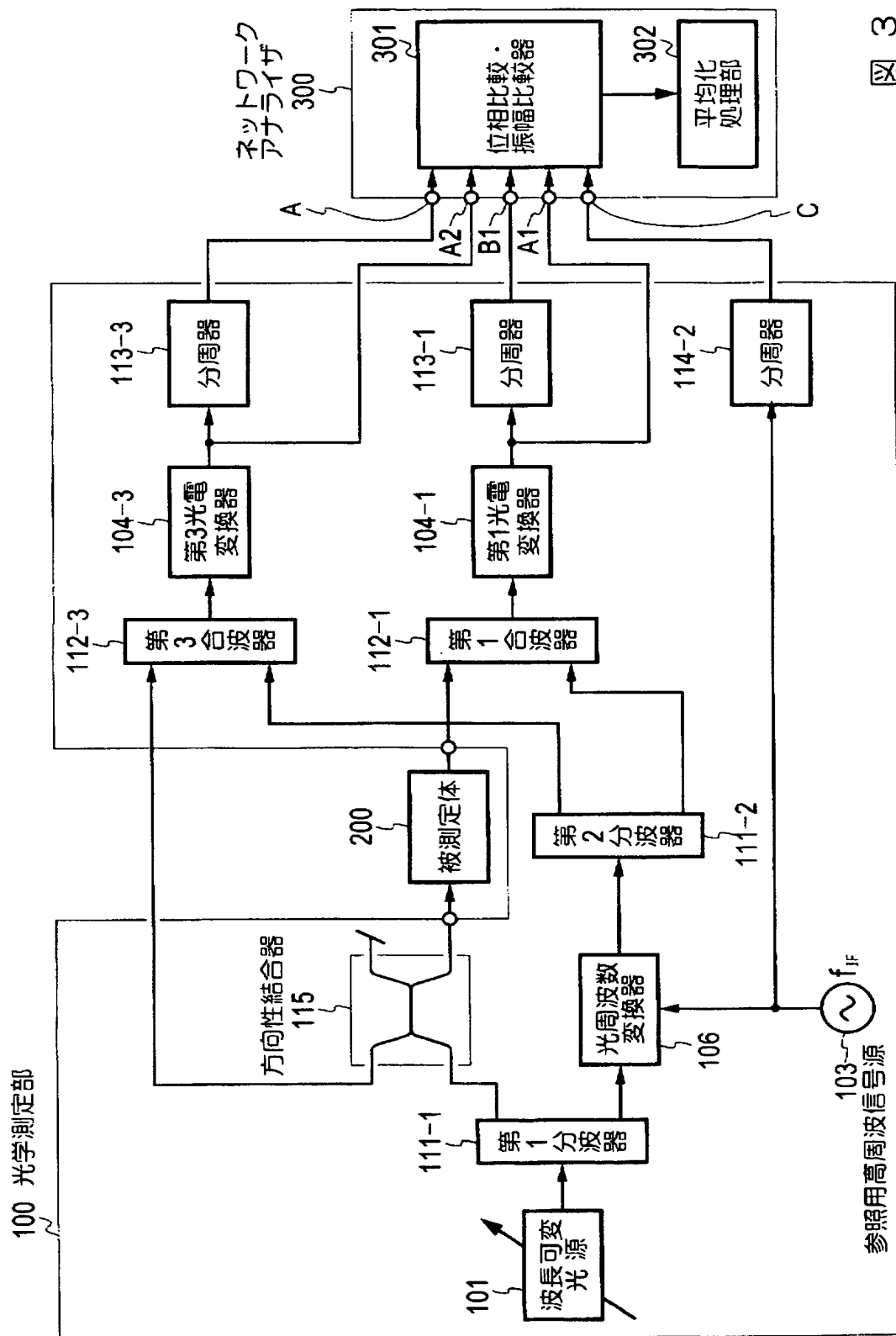


図 3

【図4】

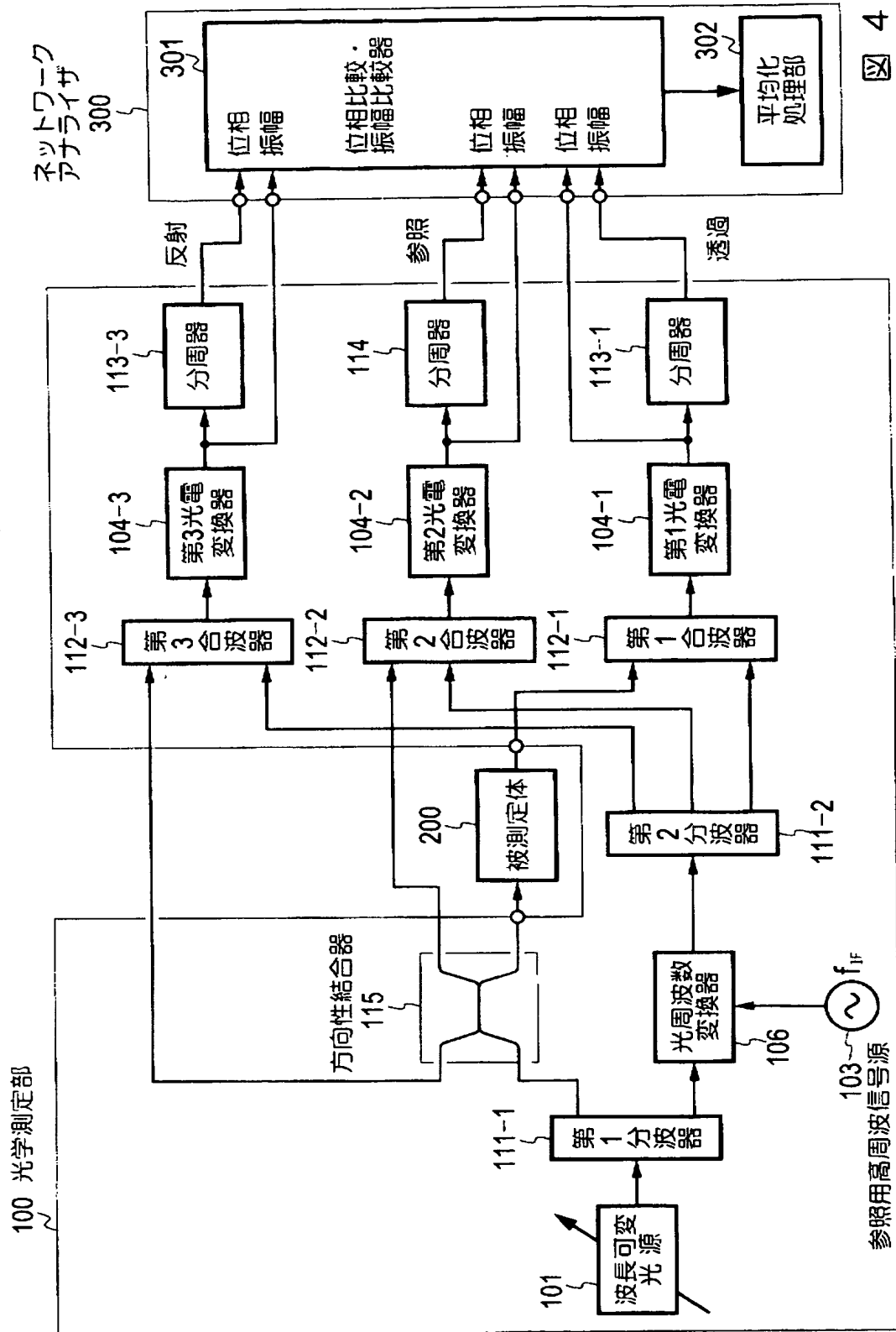


図4

【図 5】

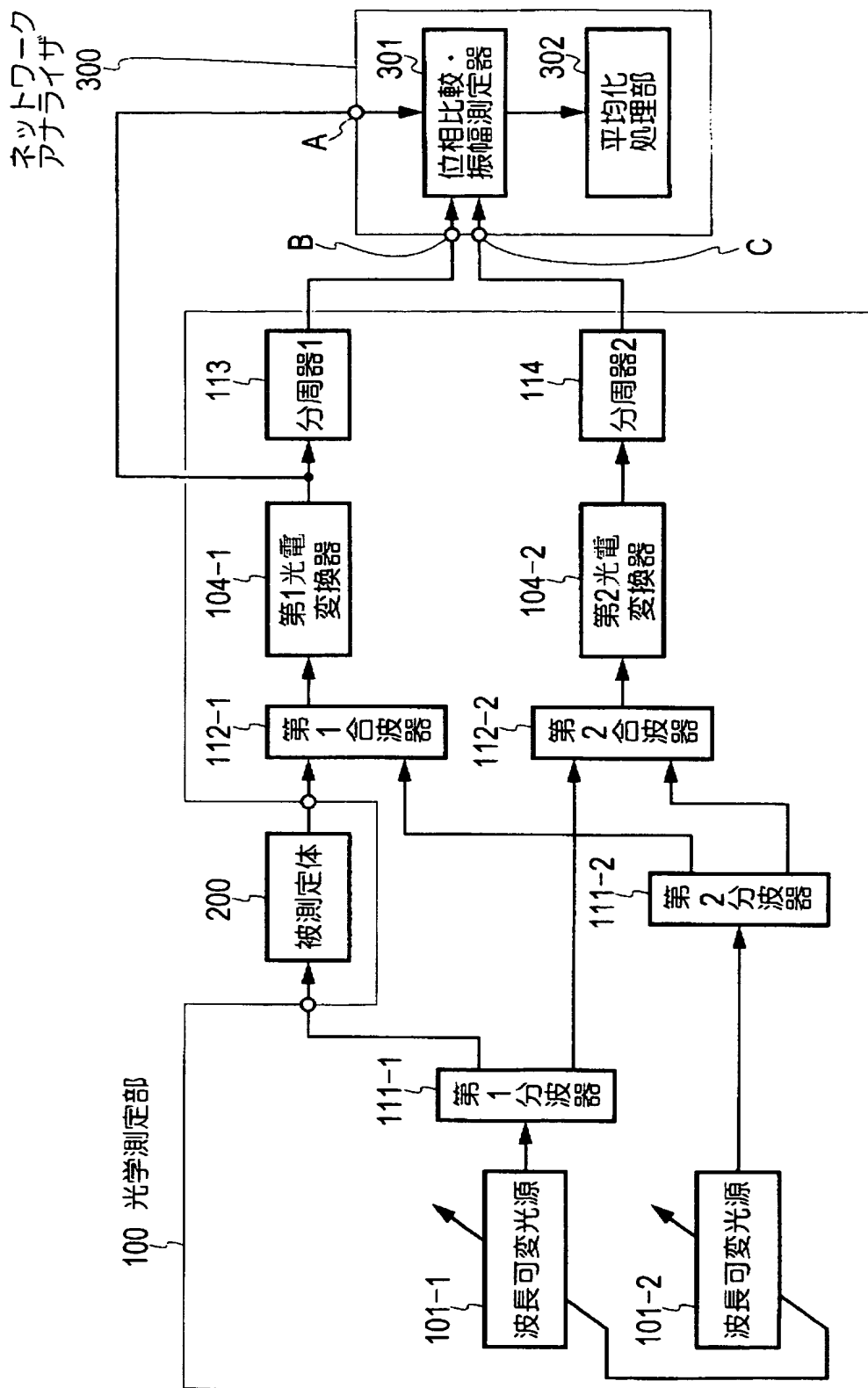


図 5

【図 6】

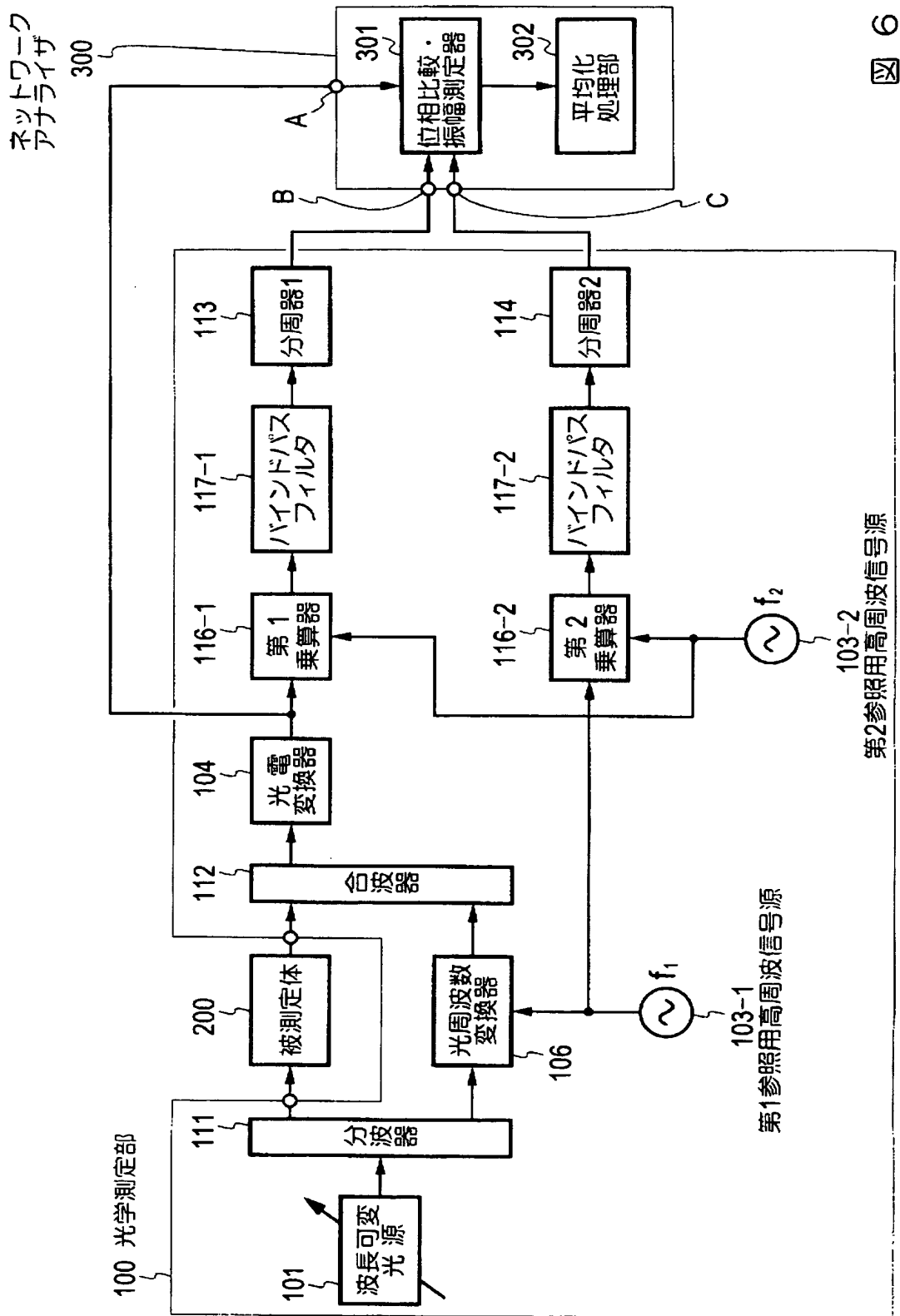


図 6

【図 7】

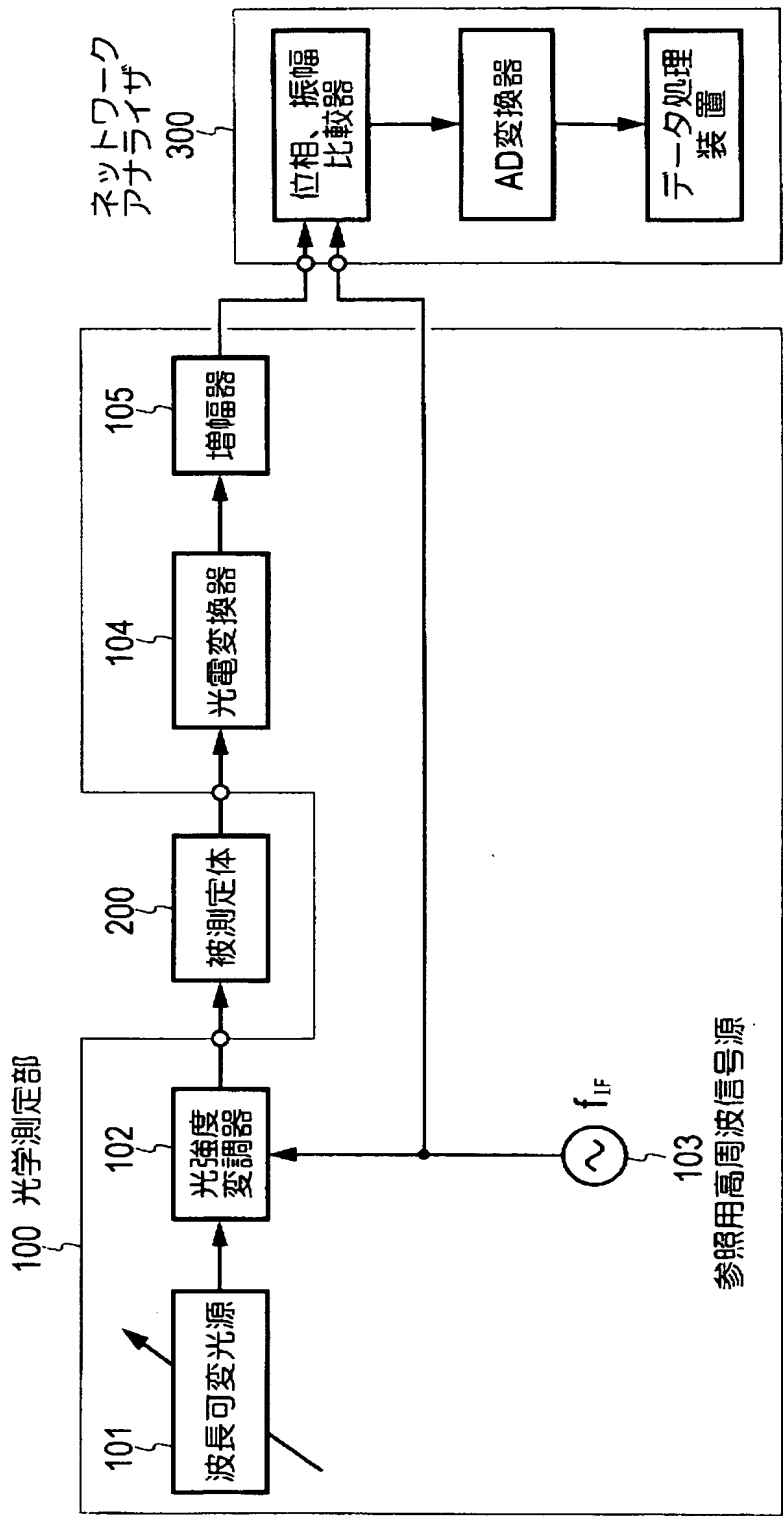


図 7



**【書類名】** 要約書**【要約】**

**【課題】** 光部品などの光透過特性或いは位相遅延特性を精度良く測定することができる光ネットワークアナライザを提供する。

**【解決手段】** 波長可変光源と、この波長可変光源が出射する光を複数の光に分波する分波器と、この分波器が分波した分波光の一つに周波数遷移を与える高周波変換器と、この光周波数変換器で周波数遷移された光と、被測定体を經由した光とを合波する合波器と、この合波器で合波した光を受光して電気信号に変換する光電変換器と、光周波数変換器に参照用高周波信号を与える参照用高周波信号源と、この参照用高周波信号源の信号を参照信号とし、この参照信号と光電変換器から得られる被測定信号とを比較して、被測定体における光の減衰量、位相変位量を測定する位相比較・振幅測定器と、によって構成した。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 1 - 1 0 2 9 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 9 0 0 0 5 1 7 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 1 0 月 1 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号

氏 名

株式会社アドバンテスト